

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)



REC'D 10 NOV 2003

WIPO PCT

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung**

Aktenzeichen:

102 45 152.4

Anmeldetag:

27. September 2002

Anmelder/Inhaber:

Infineon Technologies AG, München/DE

Bezeichnung:

Integrierte Testschaltungsanordnung und Testver-
fahren

IPC:

G 01 R 31/28

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprüng-
lichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 16. Oktober 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Stark

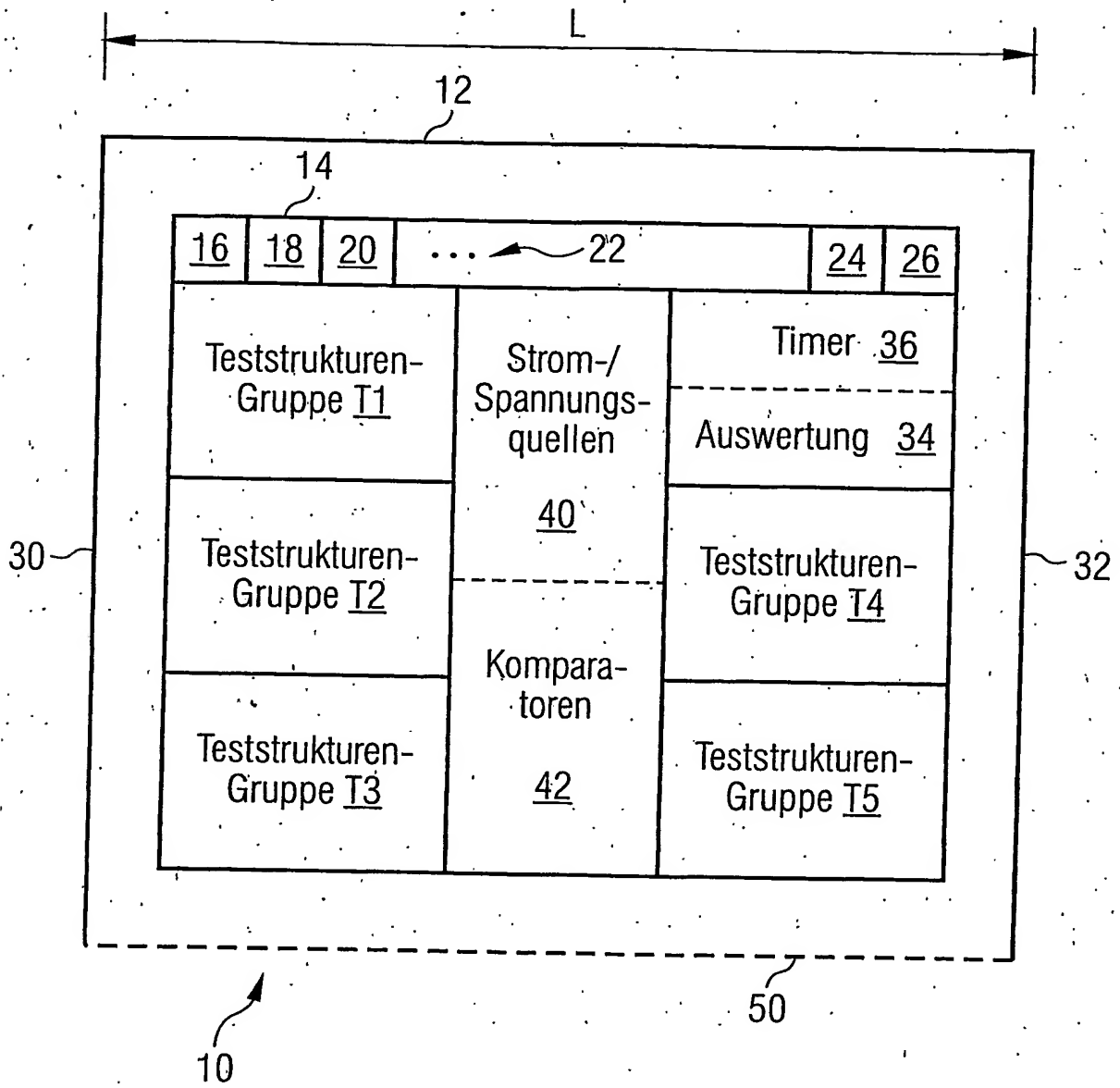
Zusammenfassung

Integrierte Testschaltungsanordnung und Testverfahren

- 5 Erläutert wird unter anderem eine Testschaltungsanordnung (10), die sowohl integrierte Teststrukturen (T1 bis T5) als auch ein integriertes Heizelement, eine integrierte Speiseeinheit (40) und eine integrierte Erfassungseinheit (42) enthält. Mit Hilfe dieser Schaltungsanordnung (10) lassen
- 10 sich Tests einer Vielzahl von Teststrukturen (T1 bis T5) auf einfache Art und Weise ausführen.

(Figur 1)

FIG 1



Beschreibung

Integrierte Testschaltungsanordnung und Testverfahren

5 Die Erfindung betrifft eine integrierte Testschaltungsanordnung, die eine Vielzahl von Teststrukturen enthält.

Teststrukturen, die bspw. Zuverlässigkeitstests unterzogen werden, sind bzw. enthält u.a. Dielektrika, Metallisierungen
10 oder elektronische Bauelemente, insbesondere integrierte Bauelemente. Um den Test zu beschleunigen, lassen sich zum Einen bspw. höhere Temperaturen, höhere Ströme und/oder höhere Spannungen beim Testen verwenden als beim Normalbetrieb der zu testenden Anordnung. Zum Anderen lassen sich bspw.
15 hinnehmbar kurze Testdauern dadurch erreichen, dass die zu testenden Strukturen nicht bis zum Ausfall getestet werden, sondern nur bis zum Erreichen eines bestimmten Grenzwertes.

Es ist Aufgabe der Erfindung, zum Testen elektronischer Test-
20 strukturen eine einfach aufgebaute Schaltungsanordnung anzugeben, die insbesondere ein Testen in einem möglichst einfachen Umfeld und mit möglichst wenigen Eingriffen von Bedienpersonal ermöglicht. Außerdem soll ein Testverfahren angegeben werden.

Die auf die Schaltungsanordnung bezogene Aufgabe wird durch eine Schaltungsanordnung mit den im Patentanspruch 1 angegebenen Merkmalen gelöst. Weiterbildungen sind in den Unteransprüchen angegeben.

30

Die Erfindung geht von der Überlegung aus, dass es möglich ist, viele der für einen Zuverlässigkeitstest benötigten Geräte in der Testschaltungsanordnung zu integrieren, so dass diese Geräte nicht separat beschafft, gewartet und bedient
35 werden müssen.

Deshalb enthält die erfindungsgemäße Testschaltungsanordnung neben den Teststrukturen mindestens ein Heizelement und/oder mindestens eine Erfassungseinheit und/oder mindestens eine Versorgungseinheit. Das Heizelement dient zum Erhitzen der Teststrukturen auf eine für den Zuverlässigkeitstest erforderliche Temperatur, die meist erheblich über der Raumtemperatur des Raumes liegt, in dem der Test durchgeführt wird. Die Erfassungseinheit erfasst für jede Teststruktur eine physikalische Größe, die sich auf Grund der Erwärmung und ggf. auf Grund zusätzlicher Maßnahmen an der Teststruktur einstellt, beispielsweise deren Widerstand oder deren Leckstrom.

Durch den Einsatz der Testschaltungsanordnung mit integrierten Heizelement lassen sich die Zuverlässigkeitstests ohne die Verwendung eines Temperaturschranks durchführen. In den Temperaturschrank müssten die Bauteile mit den Teststrukturen auf Platinen befestigt werden und jeweils von einer eigenen Strom- bzw. Spannungsquelle belastet werden. Solche Temperaturschränke wären nur in kleinen Stückzahlen erforderlich, so dass deren Herstellung sehr teuer wäre. Bei Testtemperaturen von beispielsweise größer zweihundert Grad Celsius oder sogar größer als dreihundert Grad Celsius müssten besondere Anforderungen an einen stabilen Kontakt zwischen dem Bauteil, der Platine bzw. zwischen der Platine und den Anschlüssen erfüllt werden. Dies würde zu sehr teuren Platinen führen, die bei den genannten Testtemperaturen auch nur eine sehr begrenzte Lebensdauer hätten, beispielsweise nur von tausend Teststunden.

Bei einer Weiterbildung der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung haben Teststrukturen einer Gruppe den gleichen Aufbau. Der gleiche Aufbau ist die Grundlage für ein zuverlässiges Vergleichsergebnis. Beispielsweise bestehen alle Teststrukturen einer Gruppe aus:

- Leitbahnen, die vorzugsweise ein Metall enthalten oder aus einem Metall bestehen, und/oder die jeweils über min-

destens ein die Zuverlässigkeit besonders beeinflussendes Via bzw. Kontaktloch in eine andere Metallisierungslage bzw. Metallisierungsebene geführt werden,

- aus dielektrischen Schichten, an die eine Testspannung angelegt wird, oder
- aus elektronischen Bauelementen, z.B. aktiven elektronischen Bauelementen wie Transistoren oder passiven elektronischen Bauelementen wie Kondensatoren, Widerstände oder Spulen.

Bei einer anderen Weiterbildung werden Teststrukturen verschiedener Gruppen in die Test-Schaltungsanordnung integriert, beispielsweise eine Gruppe mit Via-Leitbahnen, eine Gruppe mit Dielektrika und eine Gruppe mit aktiven elektronischen Bauelementen. Für die Tests derartig verschiedener Gruppen wären separate Temperaturschränke erforderlich, da unterschiedliche Testanforderungen bestehen.

Bei einer nächsten Weiterbildung mit einer Test-Schaltungsanordnung, die verschiedene Gruppen von Teststrukturen enthält, sind die Teststrukturen verschiedener Gruppen räumlich integriert, d.h. in verschiedenen Ebenen parallel zu der Ebene eines Trägersubstrates für die Teststrukturen. Durch diese Maßnahmen lassen sich auch bei einer sehr kleinen Fläche der integrierten Schaltungsanordnung eine Vielzahl von Teststrukturen anordnen und testen. Beispielsweise könnten sogenannte Vial-Strukturen unter sogenannten MIM-Kondensatorstrukturen (Metal Insulator Metal) angeordnet werden.

Bei einer nächsten Weiterbildung enthält eine Gruppe von Teststrukturen mehr als fünfzig, mehr als einhundert oder sogar mehr als tausend Teststrukturen. Mit größer werdender Anzahl von Teststrukturen erhöht sich die statistische Aussagekraft der Testergebnisse erheblich. Sehr viele Teststrukturen lassen sich in die Testschaltungsanordnung ohne großen prozesstechnischen Mehraufwand integrieren. Für den Test

dieser Strukturen ist ebenfalls kein oder jedenfalls nur ein vergleichsweise geringer Mehraufwand erforderlich.

Bei einer nächsten Weiterbildung der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung ist das Heizelement ein Widerstandsheizelement, das vorzugsweise polykristallines Silizium enthält oder aus polykristallinem Silizium besteht. Um die Leitfähigkeit des polykristallinen Siliziums einzustellen, wird es dotiert. Jedoch werden bei anderen Weiterbildungen auch Heizelemente eingesetzt, die ein Metall enthalten oder aus einem Metall bestehen. Wird das Heizelement mit Wechselstrom gespeist, so können Degradationsprozesse, z.B. Elektromigration, insbesondere in Heizelementen aus Metall, unterbunden bzw. erheblich reduziert werden.

15

Bei einer Weiterbildung ist auch eine Versorgungseinheit in die Testschaltungsanordnung integriert. Die Versorgungseinheit enthält beispielsweise eine Vielzahl von Spannungsquellen oder von Stromquellen. Durch die Versorgungseinheit werden die Teststrukturen bei einer Ausgestaltung unabhängig von einander mit einem Strom oder einer Spannung gespeist. Eine unabhängige Speisung ermöglicht es, den Test einer Teststruktur trotz Fortsetzung eines Tests an anderen gleich aufgebauten Teststrukturen der Schaltungsanordnung abubrechen, bevor die Teststruktur ausfällt. Außerdem ist das Material nach dem Testabschluss für Materialuntersuchungen in einem Zustand verfügbar, zu dem ein Ausfallkriterium gerade erfüllt war.

Bei einer nächsten Weiterbildung hat das Heizelement einen geraden Verlauf oder einen mäanderförmigen Verlauf. Auch Heizelemente mit einem Dreieckfunktionsverlauf, d.h. einem zick-zack-förmigen Verlauf, oder mit einem Rechteckfunktionsverlauf werden eingesetzt.

Bei einer anderen Weiterbildung enthält die Speiseeinheit mehrere Stromquellen oder mehrere Spannungsquellen. Insbesondere Stromquellen, die mehrere Stromspiegel enthalten, lassen

sich besonders einfach integrieren. Aufgrund der Wahl der Flächen der in einem Stromspiegel enthaltenen Transistoren lassen sich auf besonders einfache Weise Ströme erzeugen, die ein Vielfaches oder einen Bruchteil eines Referenzstromes sind, beispielsweise ein ganzzahliges Vielfaches oder ein Bruchteil aus ganzzahligen Werten.

Bei einer nächsten Weiterbildung ist die Erfassungseinheit mit jeder Teststruktur verbunden oder kann mit jeder Teststruktur verbunden werden. Die Erfassungseinheit enthält mindestens eine Zählereinheit, die gemäß einem vorgegebenen Takt getaktet wird. Eine so aufgebaute Erfassungseinheit kann physikalische Eigenschaften an einzelnen Teststrukturen erfassen und den Erfassungszeitpunkt mit Hilfe der Zählereinheit bestimmen. Beispielsweise könnte die Zählereinheit eine elektronische Uhr sein.

Bei einer anderen Weiterbildung enthält die Erfassungseinheit mindestens eine Multiplexeinheit, deren Eingänge mit jeweils einer Teststruktur elektrisch verbunden sind. Das Verwenden einer Multiplexeinheit ermöglicht es, Baugruppen der Erfassungseinheit nacheinander für mehrere Teststrukturen zu nutzen. So ist bei einer nächsten Weiterbildung der Ausgang der Multiplexeinheit mit dem Eingang einer Vergleichseinheit verbunden, deren Eingang mit einer Referenzstruktur elektrisch verbunden ist. Die Referenzstruktur hat beispielsweise einen anderen Aufbau und/oder andere Abmessungen als die Teststruktur. Durch diese Weiterbildung wird erreicht, dass sich mit einer Vergleichseinheit eine Vielzahl von Teststrukturen testen lassen. Das Fehler- bzw. Ausfallkriterium einer Teststruktur wird durch die Referenzstruktur vorgegeben.

Bei einer nächsten Weiterbildung enthält die Schaltungsanordnung eine eingangsseitig mit den Ausgängen der Erfassungseinheit verbundene Steuereinheit. Die Steuereinheit gibt beispielsweise Erfassungsergebnisse aus und/oder steuert abhängig von den Erfassungsergebnissen die Speiseeinheit an. Wird

beispielsweise das Ausfallkriterium durch eine Teststruktur erzeugt, so wird die Stromquelle bzw. die Spannungsquelle für diese Teststruktur abgeschaltet. Durch diese Maßnahme wird gewährleistet, dass die Teststruktur später mit Hilfe von

5 Materialuntersuchungsverfahren untersucht werden kann, wobei der Zustand beim Erfüllen des Ausfallkriteriums erhalten bleibt.

Bei einer anderen Weiterbildung gibt die Steuereinheit außerdem ein Datum zum Feststellen der Erfassungszeit und ein

10 Datum zum Kennzeichnen einer bestimmten Teststruktur abhängig von einem Erfassungsergebnis für diese Teststruktur aus. Bei fest vorgegebener Reihenfolge der Daten sind Kennzeichen für die Teststrukturen nicht unbedingt erforderlich, weil die

15 Position eines Testdatums in der Reihenfolge die zu diesem Testdatum gehörende Teststruktur angibt. Durch den Einsatz der Steuereinheit wird also erreicht, dass die Schaltungsanordnung einen Satz von Ergebnissen für alle untersuchten Teststrukturen in digitaler Form ausgeben kann. Dadurch las-

20 sen sich die Tests aufwandsarm, kostengünstig und für hohe Stückzahlen durchführen. Die für die Steuereinheit und für die Erfassungseinheit erforderliche Fläche der integrierten Schaltungsanordnung wird durch die Einsparung einer Vielzahl von Anschlussflächen mehr als kompensiert.

Bei einer anderen Weiterbildung enthält die Schaltungsanordnung ein Substrat, beispielsweise aus einem Halbleiter, insbesondere aus Silizium. Die Teststrukturen, das Heizelement, die Erfassungseinheit und gegebenenfalls auch die Versor-

30 gungseinheit und/oder die Steuereinheit sind im Substrat bzw. mechanisch fest zum Substrat angeordnet. Mit anderen Worten gesprochen, lassen sich die einzelnen Teile der Schaltungsanordnung nicht ohne deren Zerstörung vom Substrat lösen, insbesondere nicht mit mechanischen Werkzeugen oder manuell, wie

35 es bei Temperaturschränken der Fall wäre.

Bei einer nächsten Weiterbildung ist die Testschaltungsanordnung in einem Plastikgehäuse oder in einem Keramikgehäuse angeordnet. Auf Grund der Integration des Heizelementes lassen sich selbst bei Temperaturen oberhalb von zweihundert Grad Celsius noch Plastikgehäuse einsetzen.

- Die Erfindung betrifft außerdem ein Testverfahren zum Testen von Teststrukturen, bei dem ohne Beschränkung durch die angegebenen Reihenfolge die folgenden Schritte ausgeführt werden:
- 10 - Integrieren von Teststrukturen in eine integrierte Schaltungsanordnung,
 - Integrieren mindestens einer Erfassungseinheit und/oder einer Versorgungseinheit in die integrierte Schaltungsanordnung,
 - 15 - Verbinden der Teststrukturen mit der Versorgungseinheit,
 - Erfassen jeweils mindestens einer physikalischen Eigenschaft der Teststrukturen mit der Erfassungseinheit.

Durch die Verwendung eines integrierten Heizelementes lassen sich bei einer Weiterbildung bzw. bei einem anderen Aspekt beispielsweise Zuverlässigkeitstests ohne Verwendung einer aufwendigen Testapparatur ausführen, beispielsweise ohne Verwendung eines Temperaturschranks.

Bei einer anderen Weiterbildung wird das Heizelement auf Temperaturen größer als zweihundert Grad Celsius oder größer als dreihundert Grad Celsius erhitzt. Trotz dieser hohen Temperaturen ist nur eine geringe Heizleistung erforderlich, weil nur das von der Schaltungsanordnung eingenommene Volumen oder sogar nur ein Teil dieses Volumens erhitzt werden muss, nicht jedoch das vergleichsweise große Volumen eines Heizschranks.

Bei einer anderen Weiterbildung gibt eine in die integrierte Schaltungsanordnung integrierte Ausgabeelektronik für alle Teststrukturen einen Satz von Ergebnisdaten aus. Durch die Ausgabe eines Satzes von Ergebnisdaten mit einer vorgegebenen

Datenstruktur entsteht eine Schnittstelle, die einen Betrieb der Test-Schaltungsanordnung unabhängig von Einheiten zur vollständigen Auswertung der Ergebnisdaten zulässt.

- 5 Im Folgenden werden Ausführungsbeispiele der Erfindung an Hand der beiliegenden Zeichnungen erläutert. Darin zeigen:

Figur 1 die Aufteilung der Fläche einer integrierten Testschaltungsanordnung auf verschiedene Funktionseinheiten, und

Figur 2 eine Prinzipdarstellung der Verschaltung von Funktionseinheiten für den Test einer Gruppe von Teststrukturen.

15 Figur 1 zeigt eine integrierte Testschaltungsanordnung 10, die beispielsweise auf einem quadratischen Siliziumchip mit Kantenlängen L kleiner als zehn Millimeter angeordnet ist. Entlang einer Kante 12 ist ein Anschlussbereich 14 angeordnet, der mehrere voneinander elektrisch isolierte Anschlüsse 16 bis 26 enthält. Die Funktion der Anschlüsse 16 bis 26 wird unten an Hand der Figur 2 näher erläutert.

20 Entlang einer an die Kante 12 angrenzenden Kante 30 der Schaltungsanordnung 10 erstrecken sich drei Teststrukturgruppen T1 bis T3. Entlang einer der Kante 30 gegenüberliegenden Kante 32 liegen zwei weitere Teststrukturgruppen T4 und T5. Die Teststrukturgruppen T1 bis T5 belegen im Ausführungsbeispiel etwa gleiche Flächen. Die Teststrukturengruppe T1 enthält beispielsweise metallische Via-Leitbahnen. Die Teststrukturengruppe T2 enthält beispielsweise Dielektrika.

30 T1 enthält beispielsweise metallische Via-Leitbahnen. Die Teststrukturengruppe T2 enthält beispielsweise Dielektrika. Zwischen der Teststrukturengruppe T4 und dem Anschlussbereich 14 liegen noch eine Auswerteschaltung 34 und eine Zeitgebereinheit 36, deren Funktionen unten an Hand der Figur 2 näher erläutert wird. Außerdem gibt es in der integrierten Schaltungsanordnung 10 in einem zentralen Bereich zwischen

den Teststrukturengruppen T1 bis T3 auf der einen Seite und den Teststrukturengruppen T4 und T5 auf der anderen Seite noch eine Vielzahl von Stromquellen und Spannungsquellen 40 und mehrere Komparatoren 42. Die Spannungsquellen werden
5 bspw. für den Test der Dielektrikas benötigt. Bei einem anderen Ausführungsbeispiel werden nur Stromquellen 40 oder nur Spannungsquellen 40 genutzt.

Bei dem erläuterten Ausführungsbeispiel befinden sich keine
10 weiteren Baugruppen in der Schaltungsanordnung 10, insbesondere keine Anwenderschaltungen neben der Testschaltung.

Bei einem anderen Ausführungsbeispiel enthält die Schaltungsanordnung 10 dagegen Bauelemente einer
15 Anwenderschaltung, siehe gestrichelte Linie 50. Die Anwenderschaltung ist beispielsweise eine Speichereinheit mit mehreren Millionen Speicherzellen oder ein Prozessor. Bei diesem Ausführungsbeispiel werden die Zuverlässigkeitstests an Strukturen durchgeführt, die mit denselben Prozessen
20 hergestellt worden sind, wie gleiche Strukturen in der Anwenderschaltung. Mit einer solchen integrierten Schaltung lässt sich die laufende Produktion stichprobenhaft oder vollständig auf sehr zuverlässige Weise überwachen.

Figur 2 zeigt eine Prinzipdarstellung der Verknüpfung von Funktionseinheiten der integrierten Schaltungsanordnung 10. Zu diesen Funktionseinheiten gehören eine Vielzahl von Strom-
quellen 60 bis 68, die einen Teil der Strom-/Spannungsquellen 40 bilden.

30 Ein Heizelement 70 liegt unterhalb von Testleitbahnen 80 bis 86 mit gleichem Aufbau und unterhalb einer Referenzleitbahn 88, die den gleichen Aufbau wie die Testleitbahnen 80 bis 86 hat, die jedoch um zwanzig Prozent länger als die Leitbahnen
35 80 bis 86 ist. Die Testleitbahnen 80 bis 86 bilden die Teststrukturen der Teststrukturgruppe T1. Zwischen den Stromquellen 60 bis 68 auf der einen Seite und den Testleitbahnen 80

bis 86 sowie der Referenzleitbahn 88 auf der anderen Seite gibt es jeweils Verbindungsleitbahnen 90 bis 98. Die Verbindungsleitbahn 98 ist in Figur 2 gestrichelt dargestellt, da die Stromquelle 68 während des Tests nur dann einen Strom in die Referenzleitbahn 88 einspeist, wenn die Referenzleitbahn 88 für einen Vergleich mit einer der Testleitbahnen 80 bis 86 herangezogen wird.

Die Stromquellen 60 bis 68 sind auf der anderen Seite auch mit einer Masseleitung M verbunden, die beispielsweise unter Zwischenschaltung eines Widerstandes zu den anderen Enden der Testleitbahnen 80 bis 86 und zu dem anderen Ende der Referenzleitbahn 88 führt, siehe Pfeil 100.

Die Stromquellen 60 bis 68 sind mit Hilfe von Stromspiegeln realisiert, die einen über den Anschluss 16 eingeprägten Referenzstrom vervielfältigen. Außerdem sind die Stromquellen 60 bis 68, wie unten näher erläutert, einzeln einschaltbar bzw. ausschaltbar.

Das Heizelement 70 wird über die Anschlüsse 18 und 20 bspw. mit einem Wechselstrom gespeist. Ein im Heizelement 70 enthaltener Widerstand hat einen mäanderförmigen Verlauf.

Die nicht an die Stromquellen 60 bis 68 angeschlossenen Enden der Leitbahnen 80 bis 86 sind mit den Eingängen eines Multiplexers 102 verbunden. Beispielsweise hat der Multiplexer 102 zweihundert Eingangsleitungen 110 bis 116. Der Ausgang des Multiplexers 102 ist mit dem nicht invertierenden Eingang eines Komparators 42a verbunden, der zu den Komparatoren 42 gehört. Der invertierende Eingang des Komparators 42a ist mit demjenigen Ende der Referenzleitbahn 88 verbunden, das nicht an der Stromquelle 68 anliegt, siehe Pfeil 120.

Die Steuereingänge des Multiplexers 102 sind mit den Ausgängen einer Zähleinheit 130 verbunden. Die Zähleinheit 130

zählt beispielsweise zyklisch von eins bis zweihundert, siehe Pfeil 132.

Der Ausgang des Komparators 42a führt zu der Auswerteschaltung 34, siehe Verbindungsleitbahn 140. Der Ausgang der Auswerteschaltung 34 ist mit dem Anschluss 26 verbunden. Die Auswerteschaltung 34 greift auf den Zählerwert der Zählereinheit 130 und auf die Zeitgebereinheit 86 zu, die im Ausführungsbeispiel durch einen weiteren Zähler realisiert wird, siehe Pfeile 150 und 152. Ein Pfeil 160 symbolisiert die Steuerfunktion der Auswerteschaltung 34 bezüglich der Stromquellen 60 bis 68.

Die Zeitgebereinheit 36 und die Zählereinheit 130 werden von einem Takt T getaktet, der am Anschluss 24 anliegt. Beispielsweise hat der Takt T eine Taktperiode von zehn Millisekunden.

Zum Test der Leitbahnen 80 bis 86 auf Zuverlässigkeit bzw. zum Ermitteln der Lebensdauer, beispielsweise hinsichtlich von Elektromigration, werden zum Testbeginn die Stromquellen 60 bis 66 eingeschaltet, so dass sie jeweils einen konstanten Strom in die Testleitbahnen 80 bis 86 einspeisen. An das Heizelement 70 wird eine Wechselspannung angelegt und mit Hilfe einer Temperaturregelschaltung eine konstante Temperatur von beispielsweise zweihundertfünfzig Grad Celsius an den Testleitbahnen 80 bis 86 und auch an der Referenzleitbahn 88 erzeugt. Mit jedem Taktimpuls des Taktes T wird der Zählerwert der Zählereinheit 130 um den Wert Eins erhöht. Dadurch wird nacheinander eine Spannung an den Leitbahnen 80 bis 86 abgegriffen und mit der an der Referenzleitbahn 88 abgegriffenen Spannung im Komparator 42a verglichen. Um die Elektromigration in der Referenzleitbahn 88 zu beschränken, wird die Konstant-Stromquelle 68 zwischen den einzelnen Vergleichen wieder abgeschaltet.

Sobald am Ausgang des Komparators 42a bzw. auf der Verbindungsleitung 140 ein Spannungssignal auftritt, das einen gleichen Spannungswert an beiden Eingängen des Komparators 42a bzw. einem größeren Spannungswert an dem nicht invertierenden Eingang des Komparators 42a signalisiert, liest die Auswerteschaltung 34 den Zählerstand in der Zählereinheit 130. Dieser Zählerstand gibt diejenige Testleitbahn 80 bis 86 an, an der gerade eine Spannung abgegriffen wird. Der gelesene Zählerstand wird in einer nicht dargestellten Speichereinheit der Auswerteschaltung vermerkt oder gibt dient zum Ermitteln eines Speicherplatzes zum Speichern eines Ergebnisdats. Außerdem greift die Auswerteschaltung 34 auf den Zählerwert der Zeitgeberschaltung 36 zu. Der Wert wird gelesen und gemeinsam mit dem Zählerwert der Zählereinheit 130 in der Speichereinheit oder an dem ermittelten Speicherplatz gespeichert. Der Zählerwert der Zeitgebereinheit 36 gibt den Erfassungszeitpunkt an, zu dem die Spannung an der betreffenden Leitbahn 80 bis 86 abgegriffen worden ist. Alternativ lässt sich mit Hilfe des Zählerwertes der Zeitgebereinheit 36 der Erfassungszeitpunkt ermitteln.

Außerdem veranlasst die Auswerteschaltung 34 bei Gleichheit der Spannungen am Eingang des Komparators 42a, dass diejenige Stromquelle 60 bis 66 abgeschaltet wird, die zu einer Leitbahn 80 bis 86 führt, an der gerade eine Spannung abgegriffen wird. Dadurch wird auch ein mehrfaches Vermerken von Zählerständen für eine Testleitbahn 80 bis 86 vermieden. Beispielsweise lässt sich zum Ermitteln der Leitbahn 80 bis 86 wiederum der Zählerstand der Zählereinheit 130 verwenden.

Sind nacheinander alle Stromquellen 60 bis 66 abgeschaltet worden oder ist ein vorgegebener Wert in der Zeitgebereinheit 36 erreicht, so gibt die Auswerteeinheit 34 einen Satz von Erfassungsdaten am Anschluss 26 aus. Am Anschluss 26 ist beispielsweise eine Datenverarbeitungsanlage angeschlossen, mit deren Hilfe die Erfassungsdaten auf einer Anzeigeeinheit dargestellt werden. Auch können die Daten mit Hilfe der Da-

tenverarbeitungsanlage für spätere Auswertungen gespeichert werden.

Bei einem anderen Ausführungsbeispiel wird an Stelle der
5 Zeitgebereinheit 36 und der Zählereinheit 130 nur ein einziger Zähler verwendet. Die niederwertigen Stellen des Zählerwertes werden zum Multiplexer 102 über einen Datenbus geführt, siehe Pfeil 132. Auf diese Weise werden wiederum die
10 zu den Leitbahnen 80 bis 86 führenden Eingänge des Multiplexers 102 zyklisch mit dem Ausgang des Multiplexers 102 verbunden. Die Auswerteschaltung 34 braucht in diesem Fall nur einen Zählerwert zu lesen. Aus diesem Zählerwert lässt sich sowohl die Erfassungszeit ermitteln als auch die der Testleitbahn 80 bis 86, an der zum Erfassungszeitpunkt eine Spannung
15 abgegriffen worden ist.

Hat die Referenzleitbahn, wie im Ausführungsbeispiel erläutert, eine Länge, die zwanzig Prozent größer ist, als die Länge der Testleitbahnen 80 bis 86, so ist auch der Ohmsche
20 Widerstand der Referenzleitbahn 88 um zwanzig Prozent größer als der Ohmsche Widerstand einer Leitbahn 80 bis 86. Das durch die Referenzleitbahn 88 vorgegebene Ausfallkriterium besteht darin, dass der Test einer Testleitbahn 80 bis 86 abgebrochen wird, wenn sich der Widerstand einer Testleitbahn 80 bis 86 um zwanzig Prozent erhöht hat. Mit anderen Worten heißt das, dass die Änderung dR des Widerstandes R einer
Leitbahn 80 zwanzig Prozent des ursprünglichen Widerstandes R zum Anfang des Testes beträgt, d.h. $dR/R = 20\%$. Auf analoge
Art lassen sich andere Werte für das Ausfallkriterium oder
30 auch andere Ausfallkriterien vorgeben.

Bezugszeichenliste

10	Testschaltungsanordnung
L	Kantenlänge
12	Kante
14	Anschlussbereich
16 bis 26	Anschluss
30, 32	Kante
T1 bis T5	Teststrukturengruppe
34	Auswerteschaltung
36	Zeitgebereinheit
40	Stromquellen und Spannungsquellen
42	Komparatoren
42a	Komparator
50	gestrichelte Linie
60 bis 68	Stromquelle
70	Heizelement
80 bis 86	Testleitbahn
88	Referenzleitbahn
90 bis 98	Verbindungsleitbahn
M	Masseleitbahn
100	Pfeil
102	Multiplexer
110 bis 116	Eingangsleitung
120	Pfeil
130	Zählereinheit
132	Pfeil
140	Verbindungsleitbahn
150, 152	Pfeil
160	Pfeil
T	Takt
dR	Widerstandsänderung
R	Widerstand

Patentansprüche

1. Integrierte Test-Schaltungsanordnung (10);

5 mit integrierten Teststrukturen (80 bis 86),

und mit mindestens einem der folgenden Elemente oder Einheiten:

10 mindestens einem integrierten Heizelement (70)

und/oder einer integrierten Erfassungseinheit (102, 42), die für die Teststrukturen (80 bis 86) jeweils mindestens eine physikalische Eigenschaft erfasst,

15

und/oder mit einer integrierten Versorgungseinheit, die die Teststrukturen unabhängig voneinander schaltbar jeweils mit einem Strom oder einer Spannung versorgt.

20 2. Schaltungsanordnung (10) nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch mehr als fünfzig oder mehr als einhundert oder mehr als eintausend Teststrukturen.

3. Schaltungsanordnung (10) nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass Teststrukturen (80 bis 86) einer Gruppe (T1) den gleichen Aufbau untereinander haben,

und/oder dass die Teststrukturen (80 bis 86) einer Gruppe

30 Leitbahnen sind oder enthalten, die vorzugsweise ein Metall enthalten oder aus Metall bestehen und/oder die über ein Via oder ein Kontaktloch in eine andere Metallisierungslage geführt werden,

35 und/oder dass die Teststrukturen einer Gruppe (T2) Dielektrika sind oder enthalten,

15

und/oder dass die Teststrukturen einer Gruppe (T3) aktive oder passive elektronische Bauelemente sind oder enthalten, insbesondere Transistoren, Kondensatoren, Widerstände oder Spulen,

5

und/oder dass die Teststrukturen verschiedener Gruppen in der Schaltungsanordnung (10) integriert sind, vorzugsweise räumlich, insbesondere in verschiedenen Ebenen parallel zu der Ebene eines Trägersubstrates für die Teststrukturen (T1 bis T5),

10

und/oder dass eine Gruppe (T1 bis T5) mehr als fünfzig oder mehr als einhundert oder mehr als eintausend Teststrukturen enthält.

15

4. Schaltungsanordnung (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch eine Versorgungseinheit (40, 40a), die die Teststrukturen (80 bis 86) vorzugsweise unabhängig voneinander schaltbar jeweils mit einem Strom oder einer Spannung speist,

20

und/oder wobei die Versorgungseinheit eine Vielzahl von integrierten Stromquellen (60 bis 68) und/oder eine Vielzahl von integrierten Spannungsquellen enthält,

und/oder wobei die Stromquellen (60 bis 68) mehrere Stromspiegel enthalten, die jeweils ein Vielfaches oder einen Bruchteil eines Referenzstromes oder einen Strom mit der Größe des Referenzstromes erzeugen.

30

5. Schaltungsanordnung (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Heizelement (70) ein Widerstandsheizelement enthält, das vorzugsweise einkristallines Silizium oder polykristallines Silizium enthält oder aus einkristallinem Silizium oder aus polykristallinem Silizium besteht oder das ein Metall enthält

35

16

oder aus einem Metall besteht, wobei das Silizium vorzugsweise dotiert ist,

5 und/oder dass das Heizelement (70) einen geraden Verlauf, einen Mäanderverlauf, einen Dreiecksfunktionsverlauf oder einen Rechteckfunktionsverlauf hat.

6. Schaltungsanordnung (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch, mindestens
10 eine Referenzstruktur (88), deren Aufbau und/oder deren Abmessungen sich von dem Aufbau und/oder den Abmessungen einer Teststruktur (80 bis 86) unterscheidet.

7. Schaltungsanordnung (10) nach einem der vorhergehenden
15 Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Erfassungseinheit mit den Teststrukturen (80 bis 86) verbunden ist oder verbindbar ist,

und/oder dass die Erfassungseinheit mindestens eine Zählereinheit (36) enthält, die gemäß einem vorgegebenen Takt (T) getaktet wird.
20

8. Schaltungsanordnung (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Erfassungseinheit mindestens eine Multiplexereinheit (102) enthält, deren Eingänge mit jeweils einer Teststruktur (80 bis 86) elektrisch verbunden sind,

und/oder dass der Ausgang der Multiplexereinheit (102) mit
30 dem Eingang einer Vergleichseinheit (42a) verbunden ist, deren anderer Eingang mit einer Referenzstruktur (88) elektrisch verbunden ist, wobei die Referenzstruktur (88) einen anderen Aufbau und/oder andere Abmessungen als eine Teststruktur (80 bis 86) hat.
35

9. Schaltungsanordnung (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch eine eingangs-

17

seitig mit den Ausgängen der Erfassungseinheit verbundene
Steuereinheit (34), die Erfassungsergebnisse ausgibt und/oder
die abhängig von den Erfassungsergebnissen die Versorgungseinheit steuert und/oder die ein Datum zum Feststellen des
5 Erfassungszeitpunktes ausgibt und/oder die ein Datum zum
Kennzeichnen einer Teststruktur ausgibt.

10. Schaltungsanordnung (10) nach einem der vorhergehenden
Ansprüche, gekennzeichnet durch ein Substrat,

10

wobei die Teststrukturen (T1 bis T5) und/oder das Heizelement
(70) und/oder die Versorgungseinheit (40) und/oder die Erfas-
sungseinheit (42) und/oder die Steuereinheit (34) jeweils im
Substrat und/oder mechanisch fest am Substrat angeordnet
15 sind.

15

11. Schaltungsanordnung (10) nach einem der vorhergehenden
Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die
Schaltungsanordnung (10) elektronische Bauelemente enthält,
20 die zu einer Anwenderschaltung gehören, insbesondere zu einer
Speichereinheit und/oder zu einem Prozessor.

20

12. Schaltungsanordnung (10) nach einem der vorhergehenden
Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die
Schaltungsanordnung (10) in einem Plastikgehäuse oder in
einem Keramikgehäuse eingekapselt ist.

13. Verfahren zum Testen von Teststrukturen (80 bis 86),
insbesondere mit einer Schaltungsanordnung (10) nach einem
30 der vorhergehenden Ansprüche,

30

mit den ohne Beschränkung durch die angegebene Reihenfolge
ausgeführten Schritten:

35 Integrieren von Teststrukturen (80 bis 86) in eine integrier-
te Schaltungsanordnung (10),

35

Integrieren einer Erfassungseinheit (102, 42), die für die Teststruktur mindestens eine physikalische Eigenschaft erfasst, und/oder Integrieren zumindest eines Teils einer Versorgungseinheit (60 bis 68) in die integrierte

5 Schaltungsanordnung (10),

Verbinden der Teststrukturen (80 bis 86) mit der Versorgungseinheit (60 bis 68) oder mit einer Versorgungseinheit,

10 Erfassen jeweils einer physikalischen Eigenschaft der Teststrukturen (80 bis 86) mit der Erfassungseinheit (102, 42) oder mit einer Erfassungseinheit.

14. Verfahren nach Anspruch 13, gekennzeichnet
15 durch die Schritte:

Integrieren mindestens eines Heizelementes (70) in die integrierte Schaltungsanordnung (10),

20 Erwärmen oder Erhitzen der Teststrukturen (80 bis 86) mit Hilfe des Heizelementes (70),

und/oder wobei die Versorgungseinheit (60 bis 68) beim Erwärmen oder beim Erhitzen mit der Teststruktur verbunden ist.

15. Verfahren zum Testen von Teststrukturen (80 bis 86), insbesondere mit einer Schaltungsanordnung (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

30 mit den ohne Beschränkung durch die angegebene Reihenfolge ausgeführten Schritten:

Integrieren von Teststrukturen (80 bis 86) in eine integrierte Schaltungsanordnung (10),

35 Integrieren mindestens eines Heizelementes (70) in die integrierte Schaltungsanordnung (10),

Erwärmen oder Erhitzen der Teststrukturen (80 bis 86) mit Hilfe des Heizelementes (70),

- 5 Verbinden der Teststrukturen (80 bis 86) mit mindestens einer Versorgungseinheit (60 bis 68),

Erfassen jeweils einer physikalischen Eigenschaft der Teststrukturen (80 bis 86).

10

16. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass die physikalische Eigenschaft die Zuverlässigkeit betrifft.

- 15 17. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 16, gekennzeichnet durch die Schritte:

Integrieren mindestens einer Referenzstruktur (88), deren Aufbau und/oder deren Abmessungen sich von dem Aufbau
20 und/oder den Abmessungen einer Teststruktur (80 bis 86) unterscheidet,

Erfassen einer physikalischen Referenzeigenschaft an der Referenzstruktur (88),

Vergleich der physikalischen Eigenschaft einer Teststruktur (80 bis 86) mit der Referenzeigenschaft oder Vergleich einer
aus einer physikalischen Eigenschaft erzeugten Größe und
einer aus der Referenzeigenschaft erzeugten Größe,

30

und/oder Festhalten eines Zeitpunktes, zu dem sich das Vergleichsergebnis ändert.

- 35 18. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass vorzugsweise die gleichen die physikalischen Eigenschaften verschiedener Test-

strukturen (80 bis 86) nacheinander mit einer Referenzeigenschaft verglichen werden.

19. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass das Heizelement (70) mit einem Wechselstrom und/oder einem Gleichstrom gespeist wird,

und/oder dass das Heizelement (70) auf Temperaturen größer als zweihundert Grad Celsius oder größer als dreihundert Grad Celsius erhitzt wird.

20. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass in die integrierte Schaltungsanordnung (10) eine Ausgabeschaltung (34) integriert wird, die für die Teststrukturen (80 bis 86) mindestens einen Satz von Erfassungsdaten ausgibt.

21. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 20, dadurch gekennzeichnet, dass es mit einer ungekapselten integrierten Schaltungsanordnung (10), insbesondere mit einer noch nicht in ein Gehäuse eingebauten integrierten Schaltungsanordnung (10), und/oder mit einer noch auf einer Halbleiterscheibe angeordneten integrierten Schaltungsanordnung (10) ausgeführt wird, wobei die Halbleiterscheibe vorzugsweise eine Vielzahl anderer integrierter Schaltungsanordnungen trägt,

und/oder dass das Verfahren zum Überwachen der laufenden Produktion ausgeführt wird.

22. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 21, gekennzeichnet durch den Schritt:

35 Integrieren zumindest eines Teils der Versorgungseinheit (60 bis 68) in die integrierte Schaltungsanordnung (10), wobei dieser Teil mindestens ein aktives Bauelement enthält, vor-

zugsweise einen Transistor.

FIG 1

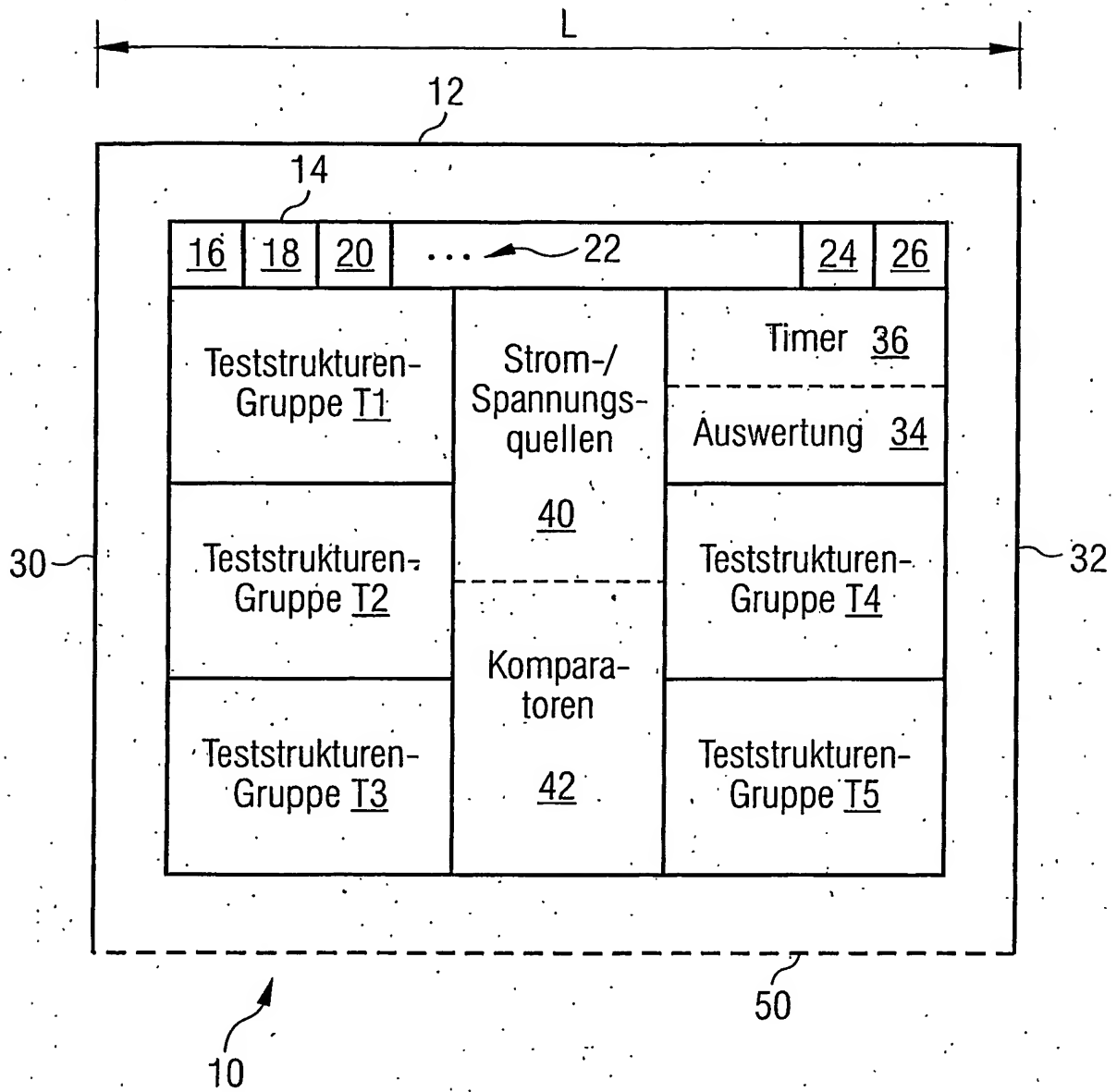


FIG 2

